



(12) PATENT

(19) NO

(11) 340751

(13) B1

NORGE

(51) Int Cl.

E21B 43/12 (2006.01)

E21B 47/10 (2012.01)

F04D 13/10 (2006.01)

F04D 15/00 (2006.01)

G01F 1/66 (2006.01)

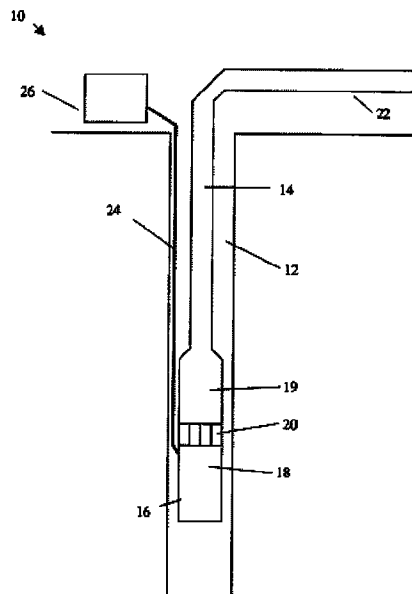
G01F 1/74 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20111122	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2010.03.03 PCT/US2010/026055
(22)	Inng.dag	2011.08.15	(85)	Videreføringsdag	2011.08.15
(24)	Løpedag	2010.03.03	(30)	Prioritet	2009.03.03, US, 61/156,971
(41)	Alm.tilgj	2011.09.27			
(45)	Meddelt	2017.06.12			
(73)	Innehaver	Baker Hughes Incorporated, P.O. Box 4740, US-TX77210-4740 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Eric Atherton, 83 Wroslyn Road, Freeland, GB-OX298HL WITNEY, OXFORDSHIRE, Storbritannia			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54)	Benevnelse	System og fremgangsmåte for overvåking av fluidstrømning gjennom en elektrisk nedsenkbar pumpe
(56)	Anførte publikasjoner	BREMNER, C. ET AL. «Evolving Technologies: Electrical Submersible Pumps», Oilfield Review, pp. 30-43, Winter 2006/2007 US 6167965 B1
(57)	Sammendrag	

Et system for å overvåke et forhold ved en nedihulls elektrisk nedsenkbar pumpe-(ESP)-enhet er vist. Systemet omfatter: en nedihulls-enhet innrettet for å anordnes i et brønnhull i en jordformasjon; idet ESP-enheten er koblet til nedihulls-enheten og omfatter en motor og en pumpe, og ESP-enheten står i elektrisk kommunikasjon med en elektrisk kilde på overflaten via en kabel; en effektmålerenhet innrettet for å måle den elektriske effekten som forsynes til ESP-enheten; og en prosessor innrettet for å motta data fra effektmålerenheten og beregne en strømningsmengde gjennom ESP-enheten basert i hvert fall på den elektriske effekten forsynt til ESP-enheten. Også vist er en fremgangsmåte for å overvåke et forhold ved en ESP-enhet nede i et brønnhull.



BAKGRUNN

[0001] Elektriske nedsenkbare pumpe-(ESP - Electrical Submersible Pump)-systemer blir anvendt ved leting etter hydrokarboner for å lette uttrekking av hydrokarbonholdig fluid fra en formasjon og/eller et reservoar. Slike ESP-systemer utplasseres nede i et brønnhull, og blir således eksponert for strenge forhold og driftsparametere som kan ha en betydelig innvirkning på systemets ytelse og ESP'ens funksjonelle levetid. Kjent teknikk fremgår av "Evolving Technologies: Electrical Submersible Pumps" av Chad Bremmer m.fl., fra "Oilfield Review", sider 30-43, Winter 2006/2007, og US 6,167,965 B1.

[0002] Det er viktig å overvåke strømmingen til en ESP i nærheten av ESP'en (heller enn på overflaten) av mange grunner. Én viktig grunn er for å få en umiddelbar indikasjon dersom det ikke strømmer fluid gjennom ESP'en. Ettersom ESP'en kjøles ned av fluidet den pumper, er det avgjørende å oppdage lav eller fraværende strømning raskt, slik at ESP'en kan bli stoppet før den brenner opp som følge av overoppheting. En annen grunn er dersom det er flere ESP'er i den samme brønnen, som produserer fra flere produksjonssoner. I slike tilfeller er en strømningsmåler nede i hullet påkrevet dersom det er nødvendig å fordele produsert fluid mellom soner. En ytterligere grunn til å overvåke strømning nedihulls er hvis det er umulig, eller dyrt, å plassere en strømningsmåler på overflaten eller under vann.

[0003] Ved uttrekking av fluid eller andre prosesser blir strømningsbidragene typisk overvåket ved forskjellige dyp i en brønn. Slik overvåkning kan bli utført med kabelførte nedihulls strømningsmålere som føres midlertidig inn i brønnen for en tidsperiode, for eksempel timer eller dager.

[0004] I den senere tid har permanent installerte nedihulls strømningsmålere blitt anvendt i enkelte brønner der strømningsmåling ved overflaten eller under vann er vanskelig. Slike permanent installerte strømningsmålere anvender typisk venturi-prinsippet, og måler trykkfallet ved inngangen til venturidysen for å bestemme strømningsmengde. Én ulempe med venturistrømningsmålere er behovet for å begrense strømmingen ved venturidysen. Dette vil forårsake et visst trykktap, også i en velkonstruert venturidyse. Ethvert trykktap i strømningsmåleren resulterer i redusert strømning av olje og/eller økte pumpekostnader. Andre strømningsmålere, så som turbinstrømningsmålere, er mindre utbredt i permanente installasjoner,

hovedsakelig som følge av upåliteligheten forbundet med bevegelige deler og lagre nede i hullet.

[0005] For strømningsmåling ved overflaten, spesielt for måling av strømning av gasser med lav strømningsmengde, er energibalansebaserte eller "termiske" strømningsmålere velkjent. Én type måler først temperaturen til et fluid som strømmer gjennom et rør. Fluidet blir så varmet opp og til slutt blir temperaturen til fluidet målt på nytt etter å ha strømmet gjennom det oppvarmede partiet. Strømningsmengden i røret kan beregnes basert på økningen i fluidets temperatur, forutsatt at den volumetriske varmekapasiteten til fluidet er kjent, og effekten til oppvarmingsanordningen.

$$\text{Strømningsmengde} = \text{Oppvarmingseffekt} / [(T_{\text{ut}} - T_{\text{in}}) * C_v]$$

"Oppvarmingseffekt" måles i Watt (W), "T_{ut}" er fluidets temperatur etter at det har strømmet gjennom det oppvarmede partiet, målt i grader Celsius (C), "T_{in}" er fluidets temperatur før oppvarming, målt i grader Celsius (C), "C_v" er fluidets volumetriske varmekapasitet målt i Watt/meter³*C (W/m³/C), og strømningsmengden måles i m³/s. [0006] Denne formelen er en energibalanselikning. For et gitt tidspunkt, for en stabil strømningsmengde, må den elektriske energien som blir levert til oppvarmingsanordningen være lik økningen i varmeenergien i fluidet som strømmer gjennom det oppvarmede partiet i røret, antatt at oppvarmingsanordningen er godt utvendig isolert slik at all den elektriske energien som forsynes til oppvarmingsanordningen blir overført til det strømmende fluidet, med unntak av en ubetydelig mengde som lekker ut til omgivelsene.

SAMMENFATNING

[0007] Et system ifølge det selvstendige krav 1 for å overvåke et forhold ved en nedihulls elektrisk nedsenkbar pumpe- (ESP)-enhet inkluderer: en nedihulls-enhet innrettet for å settes inn i et brønnhull i en jordformasjon, en ESP-enhet koblet til nedihulls-enheten og inkluderende en motor og en pumpe, der ESP-enheten står i elektrisk kommunikasjon med en elektrisk kilde på overflaten via en kabel, en effektmålerenhet innrettet for å måle den elektriske effekten som forsynes til ESP-enheten, og en prosessor innrettet for å motta data fra effektmålerenheten og

beregne en strømningsmengde gjennom ESP-enheten basert i hvert fall på den elektriske effekten forsynt til ESP-enheten.

[0008] En fremgangsmåte ifølge det selvstendige krav 9 for å overvåke et forhold ved en nedihulls elektrisk nedsenkbar pumpe-(ESP)-enhet inkluderer å: sette inn ESP-enheten i et brønnhull i en jordformasjon, idet ESP-enheten inkluderer en motor og en pumpe, og ESP-enheten står i elektrisk kommunikasjon med en elektrisk kilde på overflaten, pumpe brønnfluid gjennom en produksjonskanal via ESP-enheten, måle en elektrisk effekt som forsynes til ESP-enheten, og beregne en strømningsmengde gjennom ESP'en basert i hvert fall på den elektriske effekten forsynt til ESP-enheten.

KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

[0009] Det henvises nå til tegningene, der like elementer er gitt like henvisningstall i de flere figurene:

Figur 1 er et tverrsnitt av en utførelse av et hydrokarbonproduksjonssystem,

Figur 2 er et tverrsnitt av en utførelse av et hydrokarbonproduksjonssystem som inkluderer et termisk strømningsmålersystem, og

Figur 3 er et flytdiagram som illustrerer en fremgangsmåte for å overvåke et forhold ved en nedihulls elektrisk nedsenkbar pumpeenhet.

DETALJERT BESKRIVELSE AV EKSEMPLER PÅ UTFØRELSE

[0010] Figur 1 viser et eksempel på utførelse av et hydrokarbonproduksjonssystem anordnet i et brønnhull 12. En produksjonsstreng 14 er vist anordnet i et brønnhull 12 som krysser gjennom minst én jordformasjon for å trekke ut materie fra formasjonen og/eller innhente målinger av egenskaper ved formasjonen og/eller brønnhullet 12 nede i hullet. Produksjonsstrengen 14 kan for eksempel være dannet av et rør, flere rørseksjoner eller fleksibelt produksjonsrør. Hydrokarbonproduksjonssystemet 10 inkluderer også en elektrisk nedsenkbar pumpe-(ESP)-enhet 16 koblet til produksjonsstrengen 14, for eksempel i en bunnhulls-enhet (BHA). ESP-enheten 16 blir anvendt for å pumpe produksjonsfluid gjennom produksjonsstrengen 14 til overflaten. En motor 18 driver en pumpe 19 i ESP-enheten 16, som tar inn fluid (typisk en blanding av olje og vann) ved et innløp 20, og driver det ut under økt trykk inn i produksjonsstrengen 14. Fluidet strømmer mot overflaten og til slutt inn i et strømningsrør 22 og videre til et prosesseringsanlegg på overflaten. Motoren 18 blir

forsynt med elektrisk kraft via en elektrisk kabel, så som en nedihulls kraftkabel 24, som er operativt koblet til et motorkraftforsyningssystem 26 på overflaten. Et eksempel på kabel 24 er en trefase kraftkabel.

[0011] Som kan sees i figur 2 inkluderer ESP-enheten 16 et termisk strømningsmåler-system. Det termiske strømningsmålersystemet er et energibalansebasert termisk strømningsmålersystem innrettet for å bli anvendt for å måle strømmingen av fluider gjennom ESP'en. Det termiske strømningsmålersystemet estimerer eller måler fluidstrømning gjennom ESP'en ved hjelp av et estimat eller en måling av den elektriske effekten som forsynes til ESP'en.

[0012] I én utførelsesform er en instrumentpakke eller effektmålerenhet 32 på overflaten koblet til kraftkabelen 24 nede i hullet, for eksempel via en overvåkningskabel 34. Effektmålerenheten 32 er innrettet for å beregne den elektriske effekten som leveres til toppen av nedihullskabelen 24 ved å måle spenning, strøm og/eller (for et vekselstrømsystem) fasevinkel. I én utførelsesform er en innløpsinstrumentpakke 28 fysisk anordnet for eksempel nedihulls i forhold til motoren 18, og en utløps-instrumentpakke 30 er fysisk anordnet for eksempel oppihulls i forhold til motoren 18. Instrumentpakkene 28 og 30 kan inkludere én eller flere følere for å måle fluid-temperatur og/eller -trykk før (f.eks. nedihulls av) og etter (f.eks. oppihulls av) ESP-enheten 16. En datamaskin eller annen prosessor 36 på overflaten mottar måledata fra alle de tre instrumentpakkene, dvs. effektmålerenheten 32, innløpsinstrumentpakken 28 og utløpsinstrumentpakken 30. I én utførelsesform er effektmålerenheten 32 direkte koblet til datamaskinen 36. I en annen utførelsesform er effektmålerenheten 32 innlemmet i datamaskinen 36 på overflaten. Data fra instrumentpakkene nede i hullet blir sendt til datamaskinen 36 på overflaten, via nedihullskraftkabelen 24 eller ved hjelp av hvilke som helst andre passende overføringsmetoder. Overflate-datamaskinen 36 anvender en kombinasjon av målinger fra alle de tre instrumentpakkene for å beregne strømningsmengden. De konkrete antall og utførelser av prosesseringsenheter og datamaskiner er kun eksempler. Hvilke som helst antall eller utførelser av prosessorer kan bli anvendt for å samle inn data og beregne strømningsmengde.

[0013] Med et "brønnhull" menes her ett enkelt hull som utgjør hele eller en del av en boret brønn. Med "formasjoner" menes her de forskjellige trekk og materialer som kan møtes i et undergrunnsmiljø. Følgelig må det forstås at selv om betegnelsen

"formasjon" i alminnelighet henviser til geologiske formasjoner av interesse, betegnelsen "formasjoner", som den anvendes her, i noen tilfeller kan inkludere hvilke som helst geologiske punkter eller volumer av interesse (så som et undersøkelsesområde). Videre skal det bemerkes at det med en "streng", som

5 benevnelsen anvendes her, menes en hvilken som helst konstruksjon egnet til å senke en kompletteringsenhet som inneholder en ESP gjennom et brønnhull, og ikke er begrenset til oppbygningen og utformingen beskrevet her. Med et "øvre" eller "oppihulls" sted menes her et sted langs en lengde av brønnhullet 12 som er nærmere overflaten enn et referansested. Tilsvarende er et "nedre" eller "nedihulls"

10 sted et sted langs lengden av brønnhullet 12 som ligger lengre vekk fra overflaten enn det øvre stedet eller et referansested.

[0014] I én utførelsesform er ESP-enheten 16 anordnet i produksjonssystemet 10 på eller nær ved nedihullsandelen av produksjonsstrengen 14.

[0015] ESP-enheten kan inkludere en hvilken som helst type pumpe 19 egnet til

15 pumping av produksjonsfluid. Eksempler på slike typer inkluderer en sentrifugal-pumpe med et antall trinn, hvert med et løpehjul og en diffusor, eller en eksentrisk skruepumpe (progressing cavity pump). I én utførelsesform er motoren 18 en trefase vekselstrømsmotor.

[0016] Innløps- og utløpsinstrumentpakken 28 og 30 er utstyrt med overførings-

20 utstyr for å kommunisere, til syvende og sist, med overflatedatamaskinen 36. Slikt overføringsutstyr kan ta en hvilken som helst ønsket form, og forskjellige overførings-medier og forbindelser kan bli anvendt. I én utførelsesform kommuniserer utløps-instrumentpakken 30 med innløpsinstrumentpakken 28 gjennom en TEC-(Tubular Encased Conductor)-kabel som inkluderer én eller flere sentrerte ledere innkapslet i

25 en mantel av rustfritt stål eller en annen type stål. I denne utførelsesformen kommuniserer innløpsinstrumentpakken 28 til overflaten ved å sende sine signaler, og også de for utløpsinstrumentpakken 30, gjennom motoren 18 og kraftkabelen 24 og videre til overflatedatamaskinen 36. I en annen utførelsesform kommuniserer innløps-instrumentpakken 28 til utløpsinstrumentpakken 30 via en TEC-kabel, og utløps-

30 instrumentpakken 30 kommuniserer til overflatedatamaskinen 36 via TEC-kabelen.

[0017] I én utførelsesform inkluderer overflatedatamaskinen 36, instrumentpakkene 28, 30 og/eller effektmålerenheten 32 komponenter som nødvendig for å besørge lagring og/eller prosessering av data. Eksempler på komponenter inkluderer, uten

begrensning, minst én prosessor, lager, minne, innmatingsanordninger, utmatingsanordninger og liknende. Overflatedatamaskinen 36 kan eventuelt være innrettet for å styre hastigheten til ESP-enheten 16.

[0018] I én utførelsesform anvender det energibalansebaserte termiske strømningsmålersystemet beskrevet her ESP-enheten 16 som fluidoppvarmingselementet i et termisk strømningsmålersystem. Merk at "ESP", som beskrevet her, inkluderer andre typer nedihullspumper, så som skruerpumper eller en hvilken som helst nedihulls elektrisk motor som driver en nedihullspumpe.

[0019] Systemet måler den elektriske energien som blir levert til motoren. I én utførelsesform blir energien som leveres til motoren målt på overflaten, for eksempel av effektmålerenheten 32, og et passende tap tas med i beregningen for energi som tapes i nedihullskabelen 24 til motoren 18. Instrumentpakkene 28, 30 er innlemmet for å måle fluidtemperaturen før og etter ESP-("oppvarmer")-enheten 16. I tillegg kan trykket i fluidet før og etter ESP-enheten 16 bli målt.

[0020] I én utførelsesform blir varmen som tapes til formasjonen målt. I én utførelsesform utgjør varmen som tapes til formasjonen et forholdsvis lite feilledd, og kan bli tilnærmelsesvis beregnet gitt geometrien til brønnen rundt ESP-enheten 16 og kunnskap om formasjonen.

[0021] I én utførelsesform er den grunnleggende energibalanselikningen som anvendes av systemet som følger:

$$We = Wc + Wt + Wp + Wf,$$

der "We" er elektrisk effekt (i Watt) som målt ved overflaten eller på et annet valgt sted og levert til nedihullskabelen, "Wc" er tapet av elektrisk effekt (i Watt) i nedihullskabelen, "Wt" er varmeenergien som leveres til fluidstrømningen hvert sekund, "Wp" er den potensielle energien fra trykket som leveres til det strømmende fluidet hvert sekund, og "Wf" er varmeenergien som tapes inn i formasjonen hvert sekund.

[0022] I én utførelsesform måler datamaskinen 36 temperatur, trykk og/eller elektrisk kraft og beregner strømningsmengden i sanntid for å frembringe en strømningsmengde i sann tid som kan bli anvendt direkte for hastighetsstyring av ESP'en og også sendt til tradisjonelle styresystemer så som SCADA-(Supervisory Control And Data Acquisition)-systemer for overvåkning, ytelsesoptimering og styring. "Sanntidsdata" kan inkludere data som blir generert ved eller kort etter deteksjon og/eller datainnsamling av følerne. Denne informasjonen kan så bli anvendt for å påvirke inter-

vensjoner eller for å iverksette ytterligere sikkerhetstiltak. Slike sanntidsberegninger er beskrevet nedenfor.

[0023] I én utførelsesform blir den volumetriske strømningsmengden "Q" i meter³/sekund (m³/s) beregnet med bruk av følgende likning:

$$Q = (We - Wc - Wf) / [(Td - Ti) * Cv_f + Pd + Ph - Pi],$$

der "Td" er fluidtemperaturen (i grader C) ved utløpet målt av utløpsinstrumentpakken 30 og "Ti" er fluidtemperaturen (i grader C) ved innløpet målt av innløpsinstrumentpakken 28. "Cv_f" er fluidets volumetriske varmekapasitet (i J/m³C). "Pd", "Ph" og "Pi" er henholdsvis utløpstrykket, trykkehøyden (trykket mellom utløpet og innløpet som følge av fluidsøylen mellom disse to punktene) og innløpstrykket, alle målt i Pascal (Pa).

[0024] I én utførelsesform blir elektrisk effekt (We) i Watt (W) målt ved overflaten, og kan avledes fra den målte strømmen ("I") i Ampere (A) og spenningen ("V") i Volt (V) ved hjelp av følgende likning:

$$We = I * V$$

[0025] Effekttapet i kabelen (Wc) kan beregnes fra motstanden ("R") til nedihulls-kabelen og strømmen ved hjelp av følgende likning:

$$Wc = I^2 * R,$$

der R måles i ohm.

[0026] Varmetapet til formasjonen hvert sekund (Wf) kan beregnes fra den termiske konduktiviteten til formasjonen, geometrien til brønnhullet 12 og temperaturøkningen i ESP-enheten 16 over den naturlige formasjonstemperaturen. Alternativt kan denne parameteren bli beregnet ved hjelp av avkjølingshastigheten til ESP-enheten 16 når den skrus av etter en lang driftsperiode, eller etter en hvilken som helst valgt driftsperiode. Den termiske varmekapasiteten til ESP-enheten 16 kan beregnes fra vekten til ESP-enheten 16 multiplisert med den spesifikke varmekapasiteten til stål (eller et annet materiale enheten er laget av), som vist i følgende likning:

$$Wf = Rt * M_{esp} * Cs,$$

der "Rt" er den momentane avkjølingshastigheten (i C/sekund) etter at ESP-enheten er skrudd av, "M_{esp}" er massen til ESP-enheten 16 i kilogram (kg) og "Cs" er varmekapasiteten til stål i J/[kgC].

[0027] Trykkehøyden (P_h) er trykket som skapes av vekten av fluidsøylen mellom trykkløperen ved innløpet og trykkløperen ved utløpet, og kan representeres ved følgende likning:

$$P_h = L \cdot D \cdot g \cdot \cos(\text{borehullsavvik}),$$

der "L" er lengden (i meter) mellom trykkløperen ved innløpet og trykkløperen ved utløpet, "D" er fluidets tetthet (i kg/m^3), "g" er den lokale tyngdekraften (i m/s^2) og "borehullsavvik" er avviket (i grader) til brønnhullet 12 fra vertikalen ved pumpen 19.

[0028] Den volumetriske varmekapasiteten kan beregnes ved hjelp av følgende likning:

$$C_{vf} = WC \cdot C_{vw} + (1 - WC) \cdot C_{vo},$$

der "WC" er vannandelen (dimensjonsløs), "C_{vw}" er den volumetriske varmekapasiteten til vann (i $\text{J/m}^3\text{C}$) og "C_{vo}" er den volumetriske varmekapasiteten til olje ($\text{J/m}^3\text{C}$). Merk at C_{vw} i alminnelighet er omtrent to ganger verdien til C_{vo}.

[0029] Den volumetriske varmekapasiteten "C_{vw}" er viktig i strømningsmengdeberegningen, ettersom det er et omtrentlig forhold på 2: 1 mellom de volumetriske varmekapasitetene til olje og vann, slik at den beregnede strømningsmengden er følsom for "vannandel", definert som vannvolum som fraksjon av det totale fluidvolumet. En rimelig verdi for vannandelen kan i alminnelighet forholdsvis enkelt bestemmes på overflaten ved å ta prøver av produksjonsfluid. Som følge av følsomheten for vannandel skal det bemerkes at når den kombineres med en annen strømningsmåler (så som en venturistrømningsmåler), en termisk strømningsmåler også kan bli anvendt som en følsom vannandelsmåler dersom strømmingen nede i hullet er kjent fra den alternative strømningsmåleren. Dette kan være en nyttig kombinasjon for enkelte brønner.

[0030] Strømningsmengdeberegningen er ikke følsom for forskjellen i tetthet mellom vann og olje, ettersom denne forskjellen typisk kun er i størrelsesorden 10%, og uansett så inngår tettheten til produksjonsfluidet kun i den forholdsvis lille trykkehøydeberegningen (P_h).

[0031] Det skal bemerkes at måleenhetene anvendt i likningene over kun er eksempler. Andre enheter som ønsket eller nødvendig kan bli anvendt ved måling eller estimering av parametrene over og de beregnede verdiene.

[0032] Figur 3 illustrerer en fremgangsmåte 40 for å overvåke et forhold ved en nedihulls elektrisk nedsenkbar pumpe-(ESP)-enhet. Fremgangsmåten 40 inkluderer

ett eller flere av trinnene 41-45 beskrevet her. Fremgangsmåten kan bli utført kontinuerlig eller periodevis som ønsket. Fremgangsmåten er beskrevet her i forbindelse med ESP-enheten 16, selv om fremgangsmåten vil kunne bli utført i forbindelse med hvilke som helst antall og utførelser av prosessorer, følere og verktøy. Fremgangsmåten kan bli utført av én eller flere prosessorer eller andre anordninger i stand til å motta og prosessere måledata, så som overflatedatamaskinen 36, effektmåler-enheten 32 og/eller instrumentpakkene 28, 30. I én utførelsesform inkluderer fremgangsmåten å utføre alle trinnene 41-45 i den beskrevne rekkefølgen. Imidlertid kan enkelte av trinnene 41-45 utelates, trinn kan bli lagt til eller trinnenenes rekkefølge kan endres.

[0033] I det første trinnet 41 blir ESP-enheten 16 senket inn i brønnhullet 12.

[0034] I det andre trinnet 42 blir produksjonsfluid pumpet gjennom ESP-enheten 16 og gjennom produksjonsstrengen 14 til et sted på overflaten.

[0035] I det tredje trinnet 43 blir én eller flere av forskjellige parametere i tilknytning til ESP-enheten 16 detektert. Slike parametere inkluderer for eksempel en fluidtemperatur på et første sted og et andre sted langs brønnhullet 12, fluidtrykk og kraft forsynt til ESP-enheten 16.

[0036] I det fjerde trinnet 44 blir fluidstrømningsmengden gjennom ESP-enheten 16 beregnet basert på én eller flere av de forskjellige parametrene for ESP-enheten. I én utførelsesform, dersom fluidstrømningsmengden er kjent, for eksempel gjennom måling av fluidstrømningsmengden med en ytterligere strømningsmåler (så som en venturistrømningsmåler), blir vannandelen i fluidet beregnet.

[0037] I én utførelsesform blir en matematisk modell anvendt for å beregne fluidstrømningsmengde gjennom ESP-enheten 16 basert på forskjellen mellom målinger av temperaturer, fluidtrykk og/eller kraft forsynt til ESP-enheten 16.

[0038] I det femte trinnet 45 blir angivelser av strømningsmengden gjennom ESP'en sendt til en fjernlokasjon, så som oljeselskapets kontorer, ved hjelp av et SCADA-system.

[0039] Systemene og fremgangsmåtene beskrevet her gir forskjellige fordeler fremfor kjent teknikk. Systemene og fremgangsmåtene tilveiebringer en enkel og kostnads-effektiv strømningsmåler for å overvåke strømmingen i en ESP (eller en hvilken som helst nedihullspumpe som anvender en elektrisk motor), som ikke har bevegelige deler og ikke har strømningsbegrensninger. Videre unngår systemene og frem-

gangsmåtene behovet for å anordne en kraftkabel inne i brønnen, og unngår den faktiske kostnaden av den elektriske kraften nødvendig for å kjøre en energibalansebasert termisk strømningsmåler, som kan være uoverkommelig.

[0040] I motsetning til tradisjonelle strømningsmålere, så som venturistrømningsmålere, er det ikke behov for en strømningsbegrensning inne i strømningsmåleren, som vil forårsake et gitt trykktap. Slikt trykktap er spesielt uheldig i en ESP-brønn, ettersom en ESP er utplassert i brønnen nettopp fordi brønntrykket ikke er høyt nok å sørge for den nødvendige fluidstrømningen til overflaten. Ethvert trykktap i strømningsmåleren resulterer i redusert strømning av olje og/eller økte pumpekostnader. Systemene og fremgangsmåtene beskrevet her fjerner denne begrensningen.

[0041] Systemene og fremgangsmåtene beskrevet her reduserer videre kostnadene betydelig i forhold til å utplassere en tradisjonell termisk strømningsmåler med et internt oppvarmingselement i en oljebrønn. Systemene og fremgangsmåtene beskrevet her tilveiebringer en termisk strømningsmåler som anvender den eksisterende ESP'en som fluidoppvarmingselement for strømningsmålersystemet. Som følge av dette er ingen ytterligere energi nødvendig for å innhente målinger av fluidstrømningsmengde ved hjelp av det termiske strømningsmålingsprinsippet.

[0042] I støtte for idéene her kan forskjellige analyser og/eller analysekomponenter bli anvendt, inkluderende digitale og/eller analoge systemer. Systemet kan ha komponenter så som en prosessor, lagringsmedier, minne, innmating, utmating, kommunikasjonsforbindelse (kabelbasert, trådløs, pulsert slam, optisk eller annet), brukergrensesnitt, dataprogrammer, signalprosessorer (digitale eller analoge) og andre slike komponenter (så som begrensermotstander, kondensatorer, induktorer og annet), for å muliggjøre aktivering av og analyse med anordningene og fremgangsmåtene vist her på en hvilken som helst av flere mulige måter kjent for fagmannen. Det anses at disse idéene kan, men ikke trenger å bli realisert i forbindelse med et sett av datamaskin-eksekverbare instruksjoner lagret på et datamaskinlesbart medium, inkluderende minne (ROM, RAM), optiske (CD-ROM) eller magnetiske (platelagre, harddisker) eller hvilke som helst andre typer medier, som når de blir eksekvert, bevirker en datamaskin til å utføre fremgangsmåten ifølge foreliggende oppfinnelse. Disse instruksjonene kan sørge for aktivering av utstyr, styring, innsamling og analyse av data og andre funksjoner som anses som relevante av en ut-

vikler, eier eller bruker av systemet eller annet slikt personale, i tillegg til funksjonene beskrevet her.

[0043] Videre kan forskjellige andre komponenter være innlemmet og bli anvendt for å muliggjøre aspekter ved idéene her. For eksempel kan en kraftforsyning (f.eks.

5 minst én av en generator, en fjernforsyning og et batteri), føler, elektrode, sender, mottaker, sender/mottaker-enhet, styringsenhet, elektrisk enhet eller elektromekanisk enhet være innlemmet i støtte for de forskjellige aspekter omtalt her eller i støtte for andre funksjoner utover denne beskrivelsen

[0044] Fagmannen vil se at de forskjellige komponenter eller teknologier kan mulig-
10 gjøre bestemte nødvendige eller nyttige funksjoner eller trekk. Disse funksjonene og trekkene, som kan være nødvendige i støtte for de vedføyde kravene og variasjoner av disse, skal således forstås som naturlig inkludert som en del av idéene her og en del av den viste oppfinnelsen.

[0045] Selv om oppfinnelsen har blitt beskrevet med støtte i eksempler på utførelser,
15 vil fagmannen se at forskjellige endringer kan gjøres og at ekvivalenter kan bli anvendt i stedet for elementer i disse uten å fjerne seg fra oppfinnelsens ramme definert av de vedføyde kravene. Det er derfor ikke meningen at oppfinnelsen skal begrenses til den konkrete utførelsesformen beskrevet her som den forventet beste måte å realisere denne oppfinnelsen, men tvert imot at oppfinnelsen skal inkludere
20 alle utførelsesformer som faller innenfor rammen til de vedføyde kravene.

P A T E N T K R A V

1. System for å overvåke et forhold ved en nedihulls elektrisk nedsenkbar pumpe-(ESP)-enhet (16), der systemet omfatter:

- 5 - en nedihulls-enhet innrettet for å anordnes i et brønnhull (12) i en jordformasjon;
- ESP-enheten (16) koblet til nedihulls-enheten og inkluderende en motor (18) og en pumpe (19), idet ESP-enheten (16) står i elektrisk kommunikasjon med en elektrisk kilde på overflaten via en kabel (24);
- 10 - en effektmålerenhet (32) innrettet for å måle elektrisk effekt forsynt til ESP-enheten (16); og
- en prosessor innrettet for å motta data fra effektmålerenheten (32), og å beregne en strømningsmengde gjennom ESP-enheten (16) basert i hvert fall på den elektriske effekten forsynt til ESP-enheten (16), karakterisert ved at minst én av
- 15 prosessoren og effektmålerenheten (32) er konfigurert til å korrigere den målte elektriske effekten som følge av effekttap mellom det fjerne stedet og ESP-enheten (16) for å generere en korrigert målt elektrisk effekt, og den minst ene av prosessoren og effektmålerenheten (32) er konfigurert til å beregne strømningsmengden av ESP-enheten (16) basert på den korrigerte målte elektriske effekten.

20 2. System ifølge krav 1, videre omfattende minst én ESP-målerenhet koblet til ESP-enheten (16), der ESP-målerenheten innbefatter minst én av en temperaturføler og en trykklføler.

25 3. System ifølge krav 2, der prosessoren er innrettet for å beregne strømningsmengden basert i hvert fall på den elektriske effekten forsynt til ESP-enheten (16), en fluidtemperatur ved innløpet, et innløpstrykk, en fluidtemperatur ved utløpet og et utløpsfluidtrykk.

30 4. System ifølge krav 3, der prosessoren er innrettet for å beregne strømningsmengden basert på følgende likning:

$$Q = (W_e - W_c - W_f) / [(T_d - T_i) C_{vf} + P_d + P_h - P_i],$$

der "We" er elektrisk effekt som målt av effektmålerenheten (32), "Wc" er tap av elektrisk effekt mellom effektmålerenheten (32) og ESP-enheten (16), "Wf" er varmeenergi tapt inn i formasjonen, "Td" er fluidtemperaturen ved utløpet, "Ti" er fluidtemperaturen ved innløpet, "Cv" er volumetrisk varmekapasitet for fluidet, og "Pd", "Ph", og "Pi" henholdsvis er et utløpstrykk, en trykkehøyde og et innløpstrykk.

5. System ifølge krav 2, der den minst ene ESP-målerenheten inkluderer:

- en innløpsmålerenhet inkluderende en første temperaturføler, der innløpsmålerenheten er anordnet ved en første ende av ESP-enheten (16); og
- en utløpsmålerenhet inkluderende en andre temperaturføler, der utløpsmålerenheten er anordnet ved en andre ende av ESP-enheten (16).

6. System ifølge krav 5, der innløpsmålerenheten videre inkluderer en første trykkmåler, og utløpsmålerenheten videre inkluderer en andre trykkmåler.

7. System ifølge krav 1, der effektmålerenheten (32) befinner seg et sted fjernt fra ESP-enheten (16) og er elektrisk koblet til kabelen (24).

8. System ifølge krav 7, der det fjerne stedet er et sted på overflaten.

9. Fremgangsmåte for å overvåke et forhold ved en nedihulls elektrisk nedsenkbar pumpe-(ESP)-enhet (16), karakterisert ved at fremgangsmåten omfatter trinn med å:

- anordne ESP-enheten (16) i et brønnhull (12) i en jordformasjon, der ESP-enheten (16) inkluderer en motor (18) og en pumpe (19), og ESP-enheten (16) står i elektrisk kommunikasjon med en elektrisk kilde på overflaten;
- pumpe brønnfluid gjennom en produksjonskanal (14) via ESP-enheten (16);
- måle en elektrisk effekt som forsynes til ESP-enheten (16); og
- beregne en strømningsmengde gjennom ESP'en basert i hvert fall på den elektriske effekten som forsynes til ESP-enheten (16) og et varmetap i brønnfluidet til en jordformasjon.

10. Fremgangsmåte ifølge krav 9, der det å beregne strømningsmengden inkluderer å beregne strømningsmengden basert på en fluidtemperatur ved innløpet, en fluidtemperatur ved utløpet og et fluidtrykk.

5 11. Fremgangsmåte ifølge krav 10, der det å beregne strømningsmengden inkluderer å beregne strømningsmengden basert på følgende likning:

$$Q = (We - Wc - Wf) / [(Td - Ti) Cvf + Pd + Ph - Pi],$$

der "We" er elektrisk effekt som målt av effektmålerenheten (32), "Wc" er tap av elektrisk effekt mellom effektmålerenheten (32) og ESP-enheten (16), "Wf" er varmeenergi tapt inn i formasjonen, "Td" er fluidtemperaturen ved utløpet, "Ti" er fluidtemperaturen ved innløpet, "Cvf" er volumetrisk varmekapasitet for fluidet, og "Pd", "Ph", og "Pi" henholdsvis er et utløpstrykk, en trykkehøyde og et innløpstrykk.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 9, der det å måle den elektriske effekten inkluderer å måle den elektriske effekten ved et sted på overflaten, og å korrigere den målte elektriske effekten som følge av effekttap mellom stedet på overflaten og ESP-enheten (16).

13. Fremgangsmåte ifølge krav 9, der varmetapet beregnes basert på brønnhullets (12) geometri, formasjonens termiske konduktivitet og temperaturforskjellen mellom ESP-enheten (16) og formasjonen ved en dybde til ESP'en.

14. Fremgangsmåte ifølge krav 9, der varmetapet beregnes basert på en varmekapasitet for ESP-enheten (16) og en temperaturfallhastighet når ESP-enheten (16) skrus av etter at ESP-enheten (16) har vært i drift over en valgt tidsperiode.

15. Fremgangsmåte ifølge krav 9, videre omfattende å beregne en vannandel i brønnfluidet basert på strømningsmengden.

16. Fremgangsmåte ifølge krav 15, der det å beregne vannandelen inkluderer å måle en andre strømningsmengde ved hjelp av en andre strømningsmåler anordnet i fluidkommunikasjon med brønnfluidet.

17. Fremgangsmåte ifølge krav 9, videre omfattende å måle minst én av en temperatur og et trykk.

5 18. Fremgangsmåte ifølge krav 17, videre omfattende å måle minst én av en temperatur og et trykk ved hjelp av en innløpsmålerenhet anordnet ved en første ende av ESP-enheten (16), og en utløpsmålerenhet anordnet ved en andre ende av ESP-enheten (16).

1/3

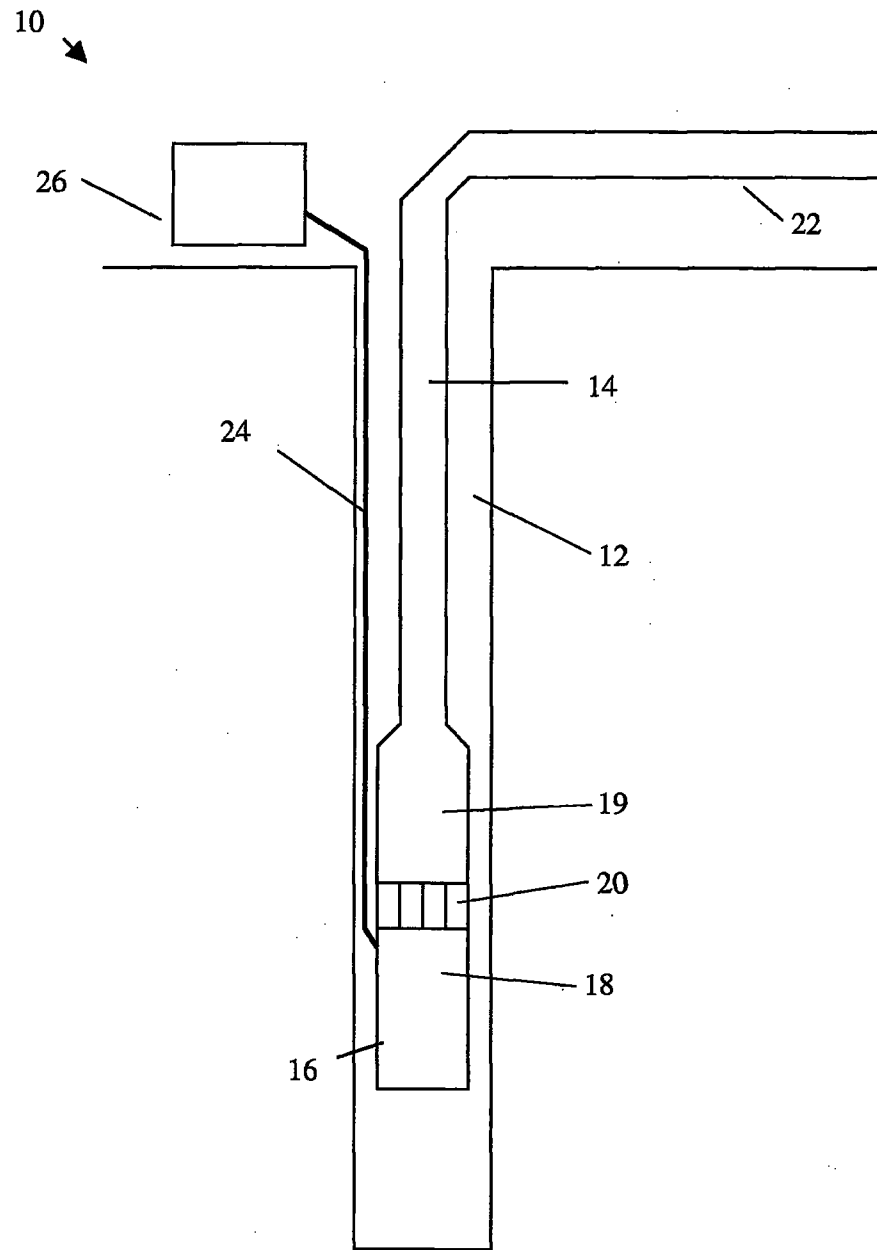


FIG. 1

2/3

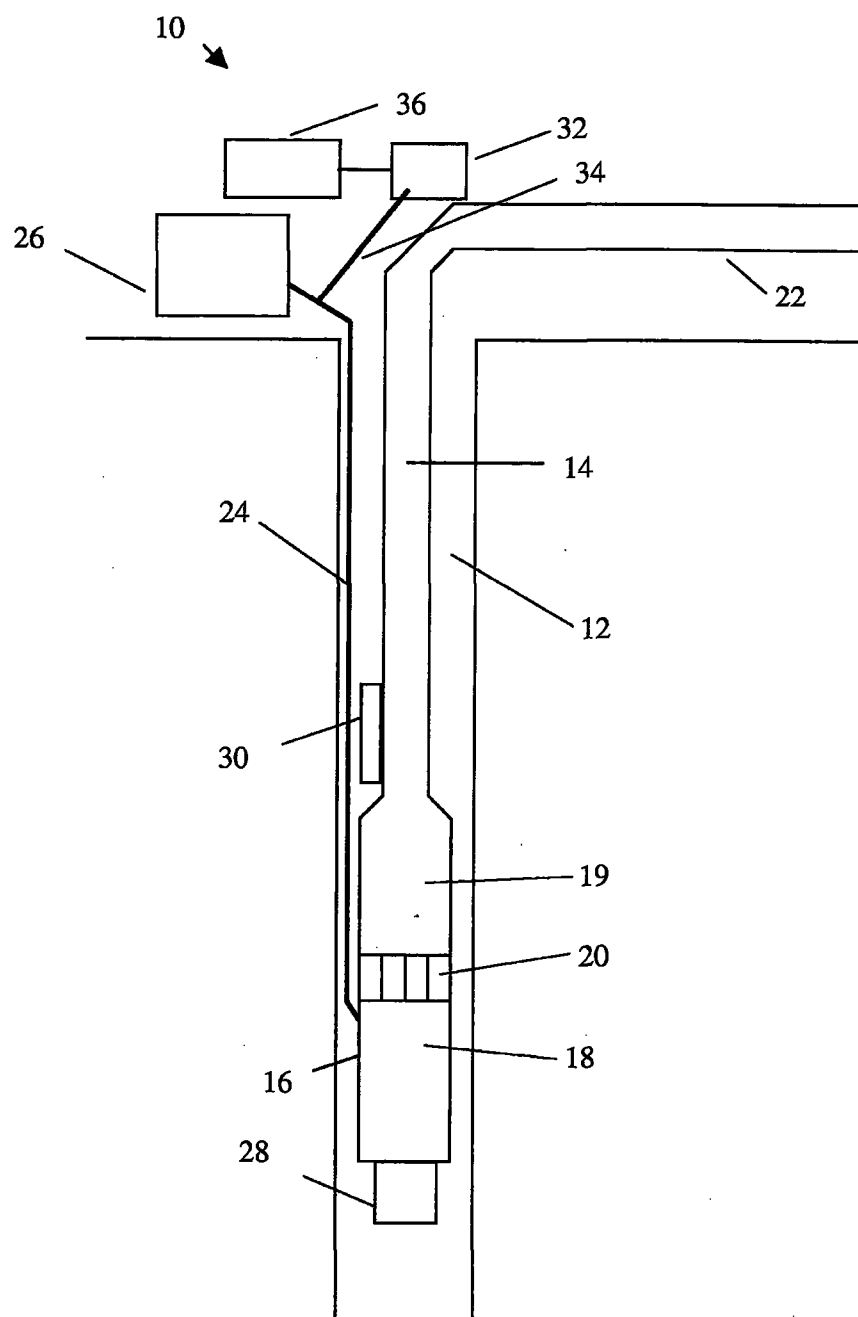


FIG. 2

3/3

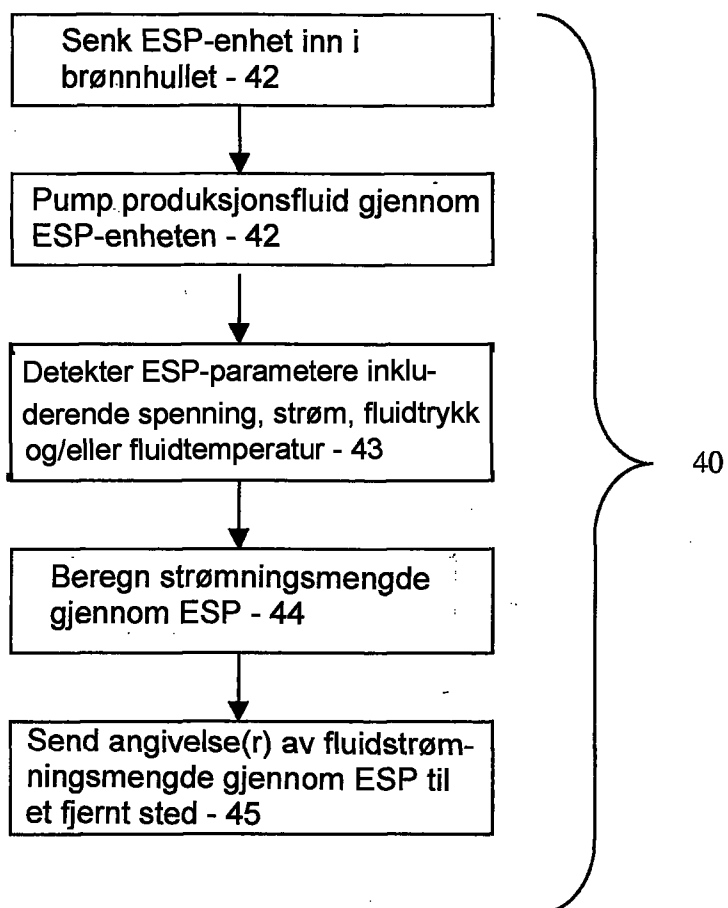


FIG. 3